

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-162654  
 (43)Date of publication of application : 07.06.2002

(51)Int.CI. G02F 1/313  
 G02F 1/01

(21)Application number : 2001-312781 (71)Applicant : ZEN PHOTONICS CO LTD  
 (22)Date of filing : 10.10.2001 (72)Inventor : KIM KWANG-BAE

(30)Priority

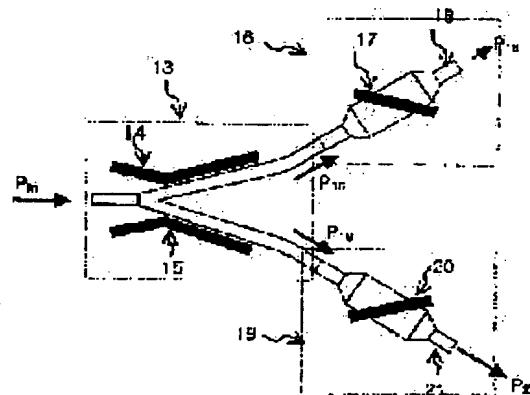
Priority number : 2000 200059604 Priority date : 10.10.2000 Priority country : KR

## (54) DIGITAL THERMO-OPTIC SWITCH COUPLED WITH VARIABLE OPTICAL ATTENUATOR

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a structure of a thermo-optical switch for obtaining an excellent light crosstalk rate while lessening the difficulty in a manufacturing process step.

SOLUTION: This optical switch has an advantage in that the excellent optical crosstalk rate can be maintained without increasing switching electric power even if a Y-branching angle increases by connecting variable light attenuates utilizing higher order mode generators to both arms at the output ends of the  $1 \times 2$  digital thermo-optical switches consisting of Y-branch waveguides utilizing the conventional mode development. More particularly the Y-branching angles have the advantages of lessening the difficulty in the manufacturing process step and enhancing the production yield of the elements. The  $1 \times 2$  optical switches are extremely basic and essential elements applied to many areas of optical signal processing systems, such as optical communication, optical switching and optical sensors.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.08.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2002-162654

(P 2002-162654 A)

(43) 公開日 平成14年6月7日 (2002. 6. 7)

(51) Int. C l.<sup>7</sup>  
G 02 F 1/313  
1/01

識別記号

F I  
G 02 F 1/313  
1/01

テマコト<sup>®</sup> (参考)  
2H079  
C 2K002

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L

(全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2001-312781 (P2001-312781)  
(22) 出願日 平成13年10月10日 (2001. 10. 10)  
(31) 優先権主張番号 2000-59604  
(32) 優先日 平成12年10月10日 (2000. 10. 10)  
(33) 優先権主張国 韓国 (K R)

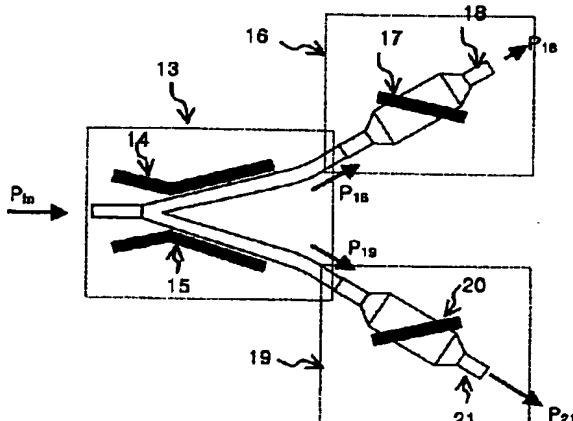
(71) 出願人 501395513  
ジェンボトニックス株式会社  
大韓民国305-380ダエジョン、ユソング、  
モンジードン104-11  
(72) 発明者 キム クワン バエ  
大韓民国 431-6 ダエジョン、ジョン  
ーク、サジャエオンドン、ドンウォン  
ガーデン 101-202  
(74) 代理人 100109955  
弁理士 細井 貞行 (外2名)  
F ターム (参考) 2H079 AA06 AA13 BA01 DA07 DA17  
EA03 KA13  
2K002 AB04 BA13 CA06 DA07 EA04  
EA30 HA11

(54) 【発明の名称】可変光減衰器が結合されたデジタル熱光学スイッチ

(57) 【要約】

【課題】 本発明は製造工程上の困難を減らす一方で、優秀な光漏話率を得るために熱光学スイッチの構造を提供する。

【解決手段】 本発明の光スイッチは、従来のモード展開を利用したY分岐導波路からなる  $1 \times 2$  デジタル熱光学スイッチの出力端の両アームに高次モード発生器を利用した可変光減衰器を連結することによって、Y分岐角が大きくなても、スイッチング電力の増加なしに優秀な光漏話率を維持することができる長所を有する。特に大きいY分岐角は製造工程上の困難を減少させ、素子の生産収率を高める長所を有する。 $1 \times 2$  光スイッチは光通信、光交換、光センサー等多方面の光信号処理システムに応用される非常に基本的な必須素子であることを特徴とする。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】上部アームと下部アームとを具備する基本Y分岐光スイッチと、  
前記上部アーム及び前記下部アームの各々に連結された上部及び下部可変熱光学減衰器と、  
前記上部及び下部可変熱光学減衰器の各々を加熱するために前記上部及び下部可変熱光学減衰器の各々に連結された上部及び下部減衰器ヒーターとからなり、前記上部及び下部減衰器ヒーターの各々が、対応する前記上部及び下部可変熱光学減衰器の各々に対して所定の角度で傾斜するように配置されることを特徴とする熱光学スイッチ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は1×2熱光学スイッチに関するものであり、特に製造工程上の困難を減らしながら、駆動電圧の損失なしに優秀な光漏話率(optical crosstalk)を得ることができると熱光学スイッチの構造に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】モード展開(mode evolution)特性を利用したY分岐1×2デジタル光導波路スイッチ素子は、モードの干渉現象(interference)を利用するマッハツエンダー(Mach-Zender)変調器等と比較すると、モードの干渉現象ではないモードの展開を利用して、波長と偏光に関係がないデジタルスイッチング特性を有する長所がある。しかし、一方で、デジタル光スイッチはモードの展開現象を利用するため、導波路内で導波路の基本モード(0次)と高次(1次)モードが分離される領域であるY分岐領域での分岐角度が非常に小さい場合のみ(一般的に約0.1°)、進行するモードの損失なしに優秀な光漏話特性を得ることができるので、素子の製造工程が非常に難しくなる短所がある。

【0003】図1は従来のY分岐を利用したデジタル熱光学スイッチの平面図であり、 $n_{clad}$ はクラッド屈折率、 $n_{core}$ はコア屈折率、 $E_w$ はヒーター幅、 $w$ は導波路幅、 $\alpha$ はY分岐角、 $P$ は外部印加電力、 $P_{in}$ は入力光パワー、 $P_3$ はY分岐のスイッチ出力部上部アーム3に抜け出る光のパワー、 $P_4$ はY分岐のスイッチ出力部下部アーム4に抜け出る光のパワーであり、モード展開特性を利用したY分岐形態の従来の1×2光スイッチの構造を示す。従来のY分岐の熱光学スイッチの導波路構造は、単一モードの入力部1と角度 $\alpha$ を有するY分岐導波路2、単一モードのスイッチ出力部上部及び下部アーム3、4とからなる。そして導波する光の経路を\*

$$X = 10 \times \log (P_3 / P_4)$$

【0007】反対に、下部ヒーター6に電力が印加されれば、入力光はスイッチ出力部上部アーム3に出力される。このようなモード展開を利用した光スイッチは、一般的に分岐角 $\alpha$ が0.1°程度で非常に小さく、実際の

\*制御するための上部及び下部ヒーター5、6が、Y分岐の両アームの温度差を最大化させる距離 $\delta$ 程度離れている。ここで、 $\delta$ は、片方のアームのヒーターに電力が加えられた時、両アームの屈折率差が最も大きく生じる距離で最適化されており、Y分岐導波路の分岐角度 $\alpha$ は、Y分岐による損失を小さくする一方で、熱光学スイッチの最終出力端であるスイッチ出力部上部及び下部アーム3、4での光漏話率が最も優秀なように、即ち、最も低くなるように設計される。

10 【0004】モード展開とは、導波路の進行方向に沿って導波路構造の漸進的な屈折率の変化がある時に、導波する光が、光パワーの損失なしに一つの導波モードから他の導波モードに変換される現象であり、Y分岐光導波路の分岐点でモード展開現象が生じるためには、分岐角 $\alpha$ が次のような条件を満足しなければならない。

$$\alpha < \Delta \beta / \chi \quad (1)$$

ここで、 $\Delta \beta$ はY分岐領域での0次と1次モードの伝搬定数の差であり、 $\chi$ はY分岐クラッド領域の減衰定数である。

20 【0005】上部ヒーター5に電力が印加されればスイッチ出力部上部アーム3の温度がスイッチ出力部下部アーム4に比べて相対的に上昇し、熱光学効果により導波路のスイッチ出力部上部アーム3の屈折率がスイッチ出力部下部アーム4に比べて相対的に低下するようになる(ポリマー物質の場合)。この場合、Y分岐を通った光のうち0次モードは、電力が印加されずに屈折率が高いスイッチ出力部上部アーム4の0次モードにモード変換され、1次モードは、屈折率が低いスイッチ出力部下部アーム3の0次モードにモード変換される。この時、入力光のすべてが0次の導波モードであると、入力光はすべてスイッチ出力部下部アーム4に進行する。しかし、入力光はY分岐点で一般的に微量の1次導波光が励起され、これはスイッチ出力部上部アーム3に進行して光漏話の原因になる。熱光学スイッチで最も重要な特性である優秀な光漏話率を得るために、即ち、電力が加えられた片方のスイッチ出力部上部アーム3と他方のスイッチ出力部下部アーム4との間の光出力比を極大化するためには、電力を加えなかった導波路の出力端であるスイッチ出力部下部アーム4に導波する光の量を最大化して、もう一方の導波路の出力端であるスイッチ出力部上部アーム3に導波する光の量を最小化しなければならない。

30 【0006】光漏話率Xは両アームの出力光パワーの差であり、スイッチ出力部下部アーム4に入力光が切り替えられた場合には次のように定義される。

$$(2)$$

製造においては多くの困難がある。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明は優秀な光漏話率を得ると同時に、Y分岐角を大きくして素子の製造工

程上の困難を減少させることができるデジタル熱光学スイッチの新しい構造を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するためには、上部アームと下部アームとを具備する基本Y分岐光学スイッチと、前記上部アーム及び前記下部アームの各々に連結された上部及び下部可変熱光学減衰器と、前記上部及び下部可変熱光学減衰器の各々を加熱するために前記上部及び下部可変熱光学減衰器の各々に連結された上部及び下部減衰器ヒーターとからなり、前記上部及び下部減衰器ヒーターの各々が、対応する前記上部及び下部可変熱光学減衰器の各々に対して所定の角度で傾斜するように配置されることを特徴とする熱光学スイッチが提供される。

【0010】前記目的を達成するための本発明の熱光学スイッチの構造は、従来のモード展開特性を利用したY分岐熱光学スイッチに熱光学可変光減衰器(variable thermo-optic attenuators)を連結して完成させるために、従来の光スイッチの出力部分の光漏話率がよくなくても、光減衰器の部分に残留する光を除去させることによって、最終の光スイッチの出力部分では優秀な光漏話率を得ることを特徴とする。

【0011】また、この時、従来の光スイッチ部分でY分岐領域の分岐角度を大きくすると、これによって短くなったりヒーターの長さが、熱光学可変光減衰器により長くなったりヒーターの長さと同様の長さであるために、結果的に素子全体の駆動電圧は増加しなくとも、優秀な光漏話率を得ることができるという長所がある。併せて、Y分岐の分岐角度の増加によって、製造工程時の困難が減少して素子全体の大きさも小さくなるという長所がある。

【0012】本発明は、Y分岐デジタル光スイッチの製造工程上の困難を減少させる一方で、漏話率を高めることができる光スイッチに関するものであり、1×2光スイッチの出力端の両アームに可変光減衰器を結合することにより、光スイッチのY分岐でオフ状態(off state)のアームに抜け出た残留する光を可変光減衰器を利用して除去する方法を使用する。従って、Y分岐角が大きくてスイッチ自体の漏話が大きい場合にも高い光漏話特性を得ることができる。しかし、この方法は光スイッチだけでなく光減衰器も作動させなければならないために、一般的には非常に大きな駆動電圧が要求されるが、本発明は小型ながらも比較的動作電力が低い高次モード発生器を利用した可変光減衰器を使用することで、素子の大きさ及び動作電力が高くならない長所がある。

【0013】以上のような本発明の目的と別の特徴及び長所などは以下に参照する本発明の好ましい実施例についての説明から明確になるであろう。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、添付された図面を参照して本発明の構造を詳細に説明する。本発明は、熱光学スイッチ素子の特性のうちから最も重要な要素である駆動電力の大きな增加なしに優秀な光漏話率を得ると同時に、素子の製造工程上の困難を減少させることができる光スイッチの構造に関するものである。本発明は、従来のY分岐を利用した光スイッチと高次モード発生器を利用した光減衰器が結合された構造であるので、まず、光スイッチと可変光減衰器について説明する。

10 【0015】図2は高次モード発生器を利用した熱光学可変減衰器の平面図であり、E<sub>w</sub>はヒーター幅、wは導波路幅、βはヒーターと導波路がなす角、dは多重モードの光導波路幅、P<sub>1</sub>は外部印加電力、P<sub>2</sub>は可変光減衰器に入力される光のパワー、P<sub>3</sub>は可変光減衰器に出力される光のパワーであり、本発明のスイッチに使用される高次モード発生器を利用した熱光学可変光減衰器の構造を示す。可変光減衰器は入力部及び出力部單一モード光導波路7、11、高次モードを導波させることができる多重モードの光導波路領域9、單一モードの光導波路と多重モードの光導波路を光損失なしに連結するテバーラー状領域8、10、そして、光導波路に対して角度βを有して斜めに置かれたヒーター12等とから構成されている。

【0016】可変光減衰器の動作原理を説明するために本実施例で使用する光導波路物質はポリマーであり、この場合、温度が上昇すれば屈折率が減少する熱光学効果を有している。図2に示した可変光減衰器の動作原理は次の通りである。入力部單一モード光導波路7を通過した光は、交差方向にテバーラー状になった領域8を通りながら、光パワーの損失なしに多重モードの発生する導波路領域9の0次モードに入力される。ヒーター12に外部電力が印加されない場合は、多重モード導波路領域9を通過した光は、再び出力部のテバーラー状領域10を通りながら、出力部單一モード光導波路11の0次導波モードで光パワーの損失なしに変換される。従って、光は減衰なしに素子を通過するようになる。しかし、ヒーターに沿って電流を流すとヒータ下部の光導波路の温度が上昇するようになるので、導波路の屈折率は温度に比例して低くなる。この場合、ヒータ下部を進行する光の一部が、ヒーター12の境界で入射角と同じ角度βでヒーターに対して反射するようになる。従って、反射された光は、光導波路の伝搬方向に対して2βの角度で伝搬するようになる。2βの角度で反射された光が、多重モードの光導波路の1次導波モードの伝搬角度以上ならば、多重モード領域では1次以上の高次モードが励起されるようになり、このような高次モードは出力部のテバーラー状領域10及び出力部の單一モード光導波路11で除去されて、結果的に入力光の減衰をもたらす。従って、ヒーターに流れる電流量が多くなれば反射される光の量も多くなつて、更に多くの入力光が減衰され、結局

ヒーターに印加される電力量により入力光の強さを調節することができる可変光減衰器として動作する。この\*

$$Y = 10 \times \log(P_{1e}/P_{1s})$$

【0017】図3は本発明の構造による熱光学スイッチの平面図を示し、図1のY分岐を利用したデジタル熱光学スイッチと、図2の可変光減衰器とが結合された構造であり、 $P_{1s}$ は入力光パワー、 $P_{1e}$ 、 $P_{1s}$ 、 $P_{19}$ 、 $P_{21}$ は導波路各部分を伝搬する光パワーである。先に説明した熱光学Y分岐 $1 \times 2$ スイッチ13と二つの高次モード発生器を利用した熱光学可変光減衰器16、19とからなる本発明の熱光学スイッチの作動原理は次の通りである。

【0018】この熱光学スイッチのヒーター14、15、17、20に電力が印加されなかった場合には、入力された光はY分岐光スイッチを通じて、Y分岐出力端の二つの導波路に3dBで分岐され、分岐された後、可変光減衰器で減衰なしに導波されて出力される3dB光分配機として動作する。しかし、Y分岐光スイッチのヒーター14に電力を印加すると、先に説明したように、光は従来のY分岐光スイッチの下部に変換され、下部熱光学可変光減衰器19に進行する。しかし、先に述べたように入力光が全てY分岐光スイッチの下部に抜け出さず、そのうちの一部はY分岐光スイッチの基本的な漏話のために上部熱光学可変光減衰器16に入力される。この時、上部熱光学可変光減衰器16のヒーター17に外部電力を印加すれば、漏話された光が上部熱光学可変光減衰器16から除去されて全体的な素子の漏話が減少するようになる。従って、最終的な本発明の光スイッチの漏話率Zは、従来のY分岐光スイッチの漏話率Xと光減衰器の減衰率Yの合計で表現される。

$$Z = X + Y \quad (4)$$

$$X = 10 \times \log(P_{1e}/P_{1s})$$

$$Y = 10 \times \log(P_{1s}/P_{1e})$$

【0019】即ち、スイッチ全体の漏話は、減衰器による減衰率Yが加えられるために、その分増加するようになる。即ち、ヒーター14、17のみに同時に外部電力を印加すれば、光は下部熱光学光減衰器19を通じて出力され、上部熱光学光減衰器16に入力された残留光は上部熱光学光減衰器16で2次的に除去されるために、素子の漏話特性が向上される。反対にヒーター15、20に外部電力を印加した場合も上の場合と同様の結果となる。

【0020】従って、Y分岐の分岐角度が大きくなることによって現れる光損失を許容する限度内で、Y分岐の分岐角度 $\alpha$ を大きくしても優秀な光漏話率特性を維持することができる。また、Y分岐の分岐角度を大きくすると、Y分岐光スイッチの長さが短くなる効果が存在する。

【0021】図4はBPM (beam propagation method; ビーム伝搬法) 計算機シミュレーションを利用し

\*時、可変光減衰器の減衰率Yは次の通りに表現される。

$$(3)$$

て、従来のY分岐 $1 \times 2$ 光スイッチの特性と本発明の光スイッチの特性を比較した曲線である。曲線aは、Y分岐角 $\alpha = 0.1^\circ$ である場合の従来のY分岐光スイッチの特性であり、Y分岐光スイッチのパラメーター値は、波長 $\lambda_0 = 1.55 \mu\text{m}$ 、 $n_{core} = 1.4856$ 、 $n_{clad} = 1.4937$ 、 $\delta = 7 \mu\text{m}$ 、 $w = 7 \mu\text{m}$ 、 $\alpha = 0.11^\circ$ 、 $E_w = 7 \mu\text{m}$ である。曲線bは、 $\alpha = 0.11^\circ$ であり、出力端に可変光減衰器がある本発明の光スイッチ特性であり、Y分岐光スイッチのパラメーター値は、波長 $\lambda_0 = 1.55 \mu\text{m}$ 、 $n_{core} = 1.4856$ 、 $n_{clad} = 1.4937$ 、 $\delta = 7 \mu\text{m}$ 、 $w = 7 \mu\text{m}$ 、 $\alpha = 0.11^\circ$ 、 $E_w = 7 \mu\text{m}$ である。また、可変光減衰器のパラメーター値は、 $\beta = 1.6^\circ$ 、 $d = 40 \mu\text{m}$ 、 $E_w = 7 \mu\text{m}$ 、ヒーターの長さは $400 \mu\text{m}$ である。曲線cは、 $\alpha = 0.2^\circ$ であり、出力端に可変光減衰器がある本発明の光スイッチ特性であり、Y分岐光スイッチのパラメーター値は、波長 $\lambda_0 = 1.55 \mu\text{m}$ 、 $n_1 = 1.4856$ 、 $n_2 = 1.4937$ 、 $\delta = 7 \mu\text{m}$ 、 $w = 7 \mu\text{m}$ 、 $\alpha = 0.2^\circ$ 、 $E_w = 7 \mu\text{m}$ である。また、可変光減衰器のパラメーター値は、 $\beta = 1.6^\circ$ 、 $d = 40 \mu\text{m}$ 、 $E_w = 7 \mu\text{m}$ 、ヒーターの長さは $400 \mu\text{m}$ である。曲線aは $\alpha = 0.11^\circ$ を有する従来のY分岐スイッチの特性曲線であり、曲線bは $\alpha = 0.11^\circ$ を有する従来のスイッチと、スイッチ末端に可変光減衰器が結合された本発明のスイッチ特性を示すものである。従来のスイッチは約 $60 \text{ mW}$ のスイッチング電力 (switching power) で $-30 \text{ dB}$ 程度の漏話を示し、本発明のスイッチの場合、約 $70 \text{ mW}$ 程度のスイッチング電力で $-40 \text{ dB}$ 以下の向上された漏話特性を示すことがわかる。曲線cの場合は、Y分岐角が $\alpha = 0.2^\circ$ である本発明の $1 \times 2$ 光スイッチであり、角度の増加に関わらず、スイッチング電力と漏話率が維持されることが分かる。

【0022】  
【発明の効果】以上、詳述したように本発明の熱光学スイッチは、従来のY分岐光スイッチと分岐角が同じであるか、又は大きい場合であっても、向上された光漏話特性と一定のスイッチング電力が維持される特性を示す。従って、全ての特性を維持しながらY分岐角を大きくすることができるために、この工程時に素子の歩留まりを相当に向上させることができ、生産収率及び大量生産に多くの長所がある。

【0023】以上では本発明を実施例によって詳細に説明したが、本発明は実施例によって限定されず、本発明が属する技術分野において通常の知識を有するものであれば本発明の思想と精神を離れることなく、本発明を修正又は変更できるであろう。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】 従来のY分岐を利用したデジタル熱光学スイッチの平面図である。

【図2】 高次モード発生器を利用した熱光学可変減衰器の平面図である。

【図3】 本発明のデジタル熱光学スイッチの平面図である。

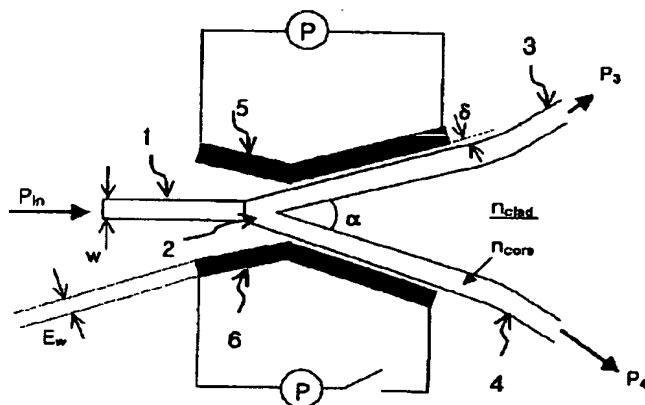
【図4】 BPM計算機シミュレーションを利用した従来のY分岐光スイッチと本発明の光スイッチの特性を比較した曲線である。

## 【符号の説明】

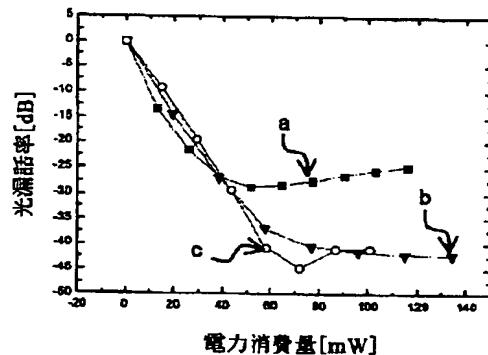
- 1 従来のY分岐熱光学スイッチ入力部
- 2 角度 $\alpha$ を有するY分岐導波路
- 3 スイッチ出力部上部アーム
- 4 スイッチ出力部下部アーム
- 5 上部ヒーター
- 6 下部ヒーター
- 7 可変光減衰器の入力部単一モード光導波路

- 8 入力部と多重モード領域を連結するテーパー状領域
- 9 多重モード導波路領域
- 10 多重モード導波路と出力部単一モード導波路を連結するテーパー状領域
- 11 可変光減衰器の出力部単一モード光導波路
- 12 ヒーター
- 13 本発明の $1 \times 2$ スイッチを構成する基本のY分岐 $1 \times 2$ スイッチ
- 14 基本の $1 \times 2$ スイッチの上部ヒーター
- 15 基本の $1 \times 2$ スイッチの下部ヒーター
- 16 本発明の $1 \times 2$ スイッチを構成する上部熱光学可変光減衰器
- 17 上部可変光減衰器のヒーター
- 18 上部可変減衰器の出力端アーム
- 19 本発明の $1 \times 2$ スイッチを構成する下部熱光学可変光減衰器
- 20 下部可変光減衰器のヒーター
- 21 下部可変減衰器の出力端アーム

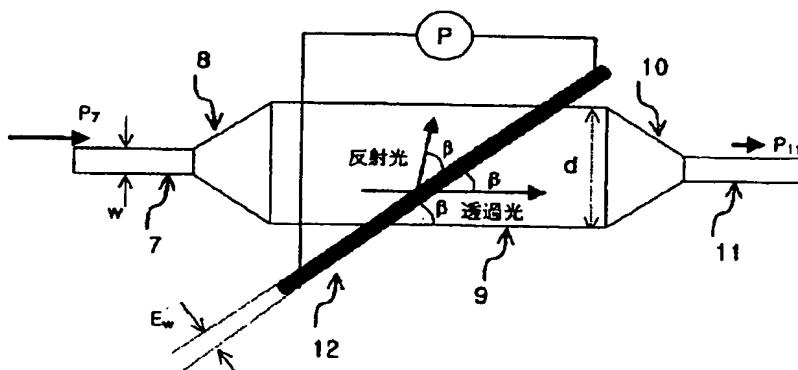
【図1】



【図4】



【図2】



【図3】

